

INDICE

13.1. Principios del proceso	291
13.1.1. Descripción y denominaciones.....	291
13.1.2. Ventajas y limitaciones.....	292
13.2. Equipo de soldeo	293
13.2.1. Fuentes de energía	294
13.2.2. Sistema de alimentación de alambre	297
13.2.3. Pistola	302
13.2.4. Alimentación de gas protector y de agua de refrigeración	304
13.2.5. Panel de control.....	304
13.3. Modos de transferencia	306
13.4. Materiales de aportación	311
13.5. Gases de protección.....	311
13.6. Parámetros de soldeo	313
13.6.1. Relación entre los parámetros	313

13.6.2. Extremo libre del alambre/electrodo.....	314
13.6.3. Velocidad de desplazamiento	315
13.6.4. Polaridad.....	316
13.6.5. Ángulo de inclinación de la pistola (Ángulo de desplazamiento	316
13.7. Técnicas especiales	316
13.7.1. Soldeo por puntos.....	316
13.8. Defectos típicos en las soldaduras	318
13.9. Fallos en el equipo MIG/MAG. Causas y consecuencias.....	326

13.1. Principios del Proceso

13.1.1. Descripción y denominaciones

El soldeo por arco eléctrico con protección de gas, es un proceso de soldeo en el cual el calor necesario es generado por un arco que se establece entre un electrodo consumible y el metal que se va a soldar.

El electrodo es un alambre macizo, desnudo, que se alimenta de forma continua automáticamente y se convierte en el metal depositado según se consume.

El electrodo, arco, metal fundido y zonas adyacentes del metal base, quedan protegidas de la contaminación de los gases atmosféricos mediante una corriente de gas que se aporta por la tobera de la pistola, concéntricamente al alambre/electrodo. El proceso está esquematizado en la figura 13.1.

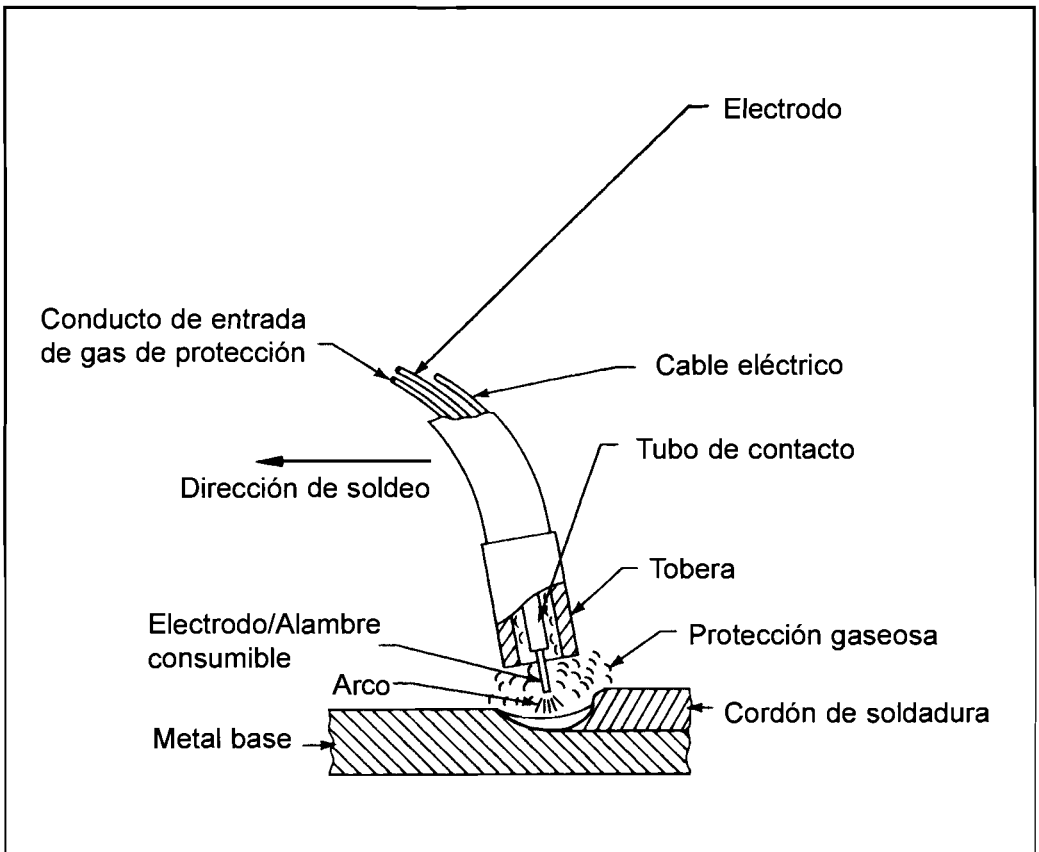


FIGURA 13.1: SOLDEO POR ARCO CON GAS

El proceso de soldeo por arco con gas se denomina también:

- GMAW, gas metal arc welding (ANSI/AWS A3.0)
- 13, Soldeo por arco con gas (UNE-EN ISO 4063).

Si se emplea un gas inerte como protección el proceso se denomina:

- **MIG**, metal inert gas (ANSI/AWS A3.0).
- 131, soldeo por arco con gas inerte (UNE-EN ISO 4063).

Si se utiliza un gas activo como protección el proceso se denomina:

- **MAG**, metal active gas (ANSI/AWS A3.0).
- 135, soldeo por arco con gas activo (UNE-EN ISO 4063).

Ver capítulo 11.2 para identificar los gases activos y los inertes.

Este proceso de soldeo puede ser automático o manual, al proceso manual se le denomina también semiautomático.

13.1.2. Ventajas y limitaciones

Ventajas

- Puede utilizarse para el soldeo de cualquier tipo de material.
- El electrodo es continuo, con lo que se aumenta la productividad por no tener que cambiar de electrodo y la tasa de deposición es elevada. Se pueden conseguir velocidades de soldeo mucho más elevadas que con SMAW.
- Se puede realizar el soldeo en cualquier posición.
- Se pueden realizar soldaduras largas sin que existan empalmes entre cordones, zona de peligro de imperfecciones.
- No se requiere eliminar la escoria, puesto que no existe.

Limitaciones

- El equipo de soldeo es más costoso, complejo y menos transportable que el de SMAW.
- Es difícil de utilizar en espacios restringidos, requiere conducciones de gas y de agua de refrigeración, tuberías, botellas de gas de protección, por lo que no puede emplearse en lugares relativamente alejados de la fuente de energía.

- Es sensible al viento y a las corrientes de aire, por lo que su aplicación al aire libre es limitada.

13.2. Equipo de Soldeo

En la figura 13.2 se puede ver el equipo de soldeo MIG/MAG, que consiste en:

- Fuente de energía.
- Fuente de suministro de gas.
- Sistema de alimentación de alambre.
- Pistola (refrigerada por aire o por agua)
- Sistema de control.
- Carrete de alambre/electrodo (de alambre que actúa como electrodo y como metal de aporte).
- Sistema de regulación para el gas de protección.
- Sistema de circulación de agua de refrigeración para las pistolas refrigeradas por agua.
- Cables y tubos o mangueras.

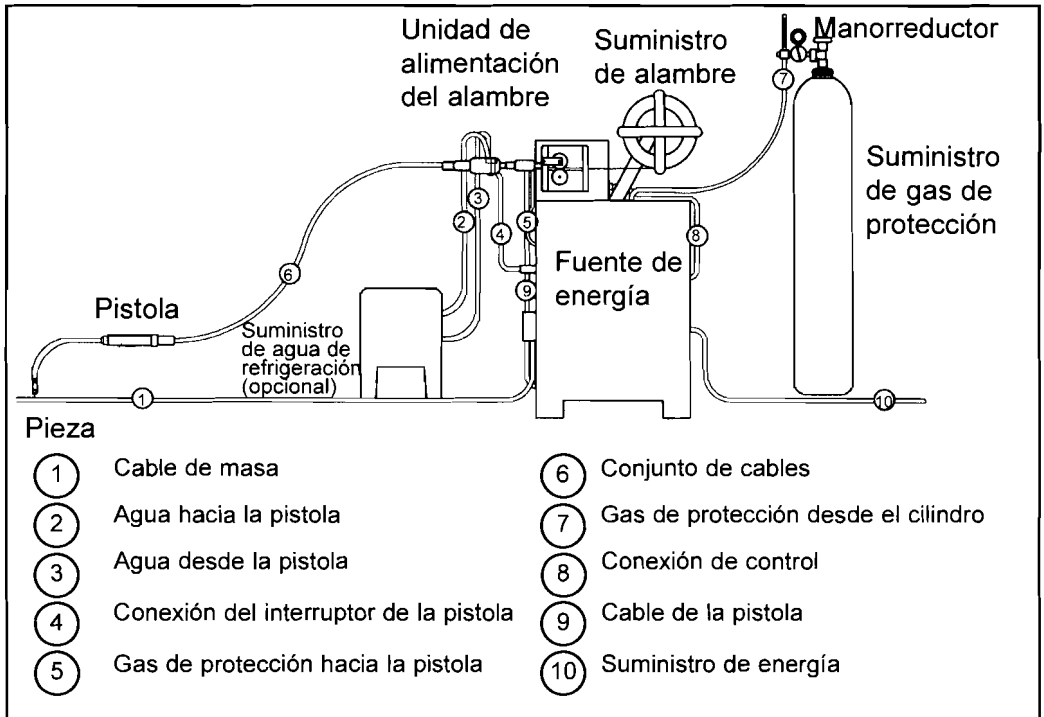


FIGURA 13.2: EQUIPO PARA EL SOLDEO MIG/MAG

13.2.1. Fuentes de energía

La fuente de energía deberá ser capaz de funcionar a elevadas intensidades, generalmente menores de 500A en el soldeo semiautomático y suministrar corriente continua.

La fuente de energía recomendada es una fuente de **tensión constante**, cuya curva característica sea como la indicada en la figura 13.3. Las fuentes de energía de intensidad constante sólo se podrían utilizar para el soldeo MIG/MAG si se emplea conjuntamente con un alimentador de alambre de velocidad variable y por tanto mucho más complejo.

Una cualidad importante de la curva característica de tensión constante es su pendiente o "slope". La pendiente de una fuente de energía de tensión constante es:

$$\text{PENDIENTE} = \frac{\text{Variación de tensión}}{\text{Variación de intensidad}} = \frac{\Delta V}{\Delta A}$$

$$\text{PENDIENTE} = \frac{\Delta V}{\Delta A} = \frac{38V - 28V}{200A - 100A}$$

$$\text{PENDIENTE} = \frac{10V}{100A} = \frac{1V}{10A}$$

que significa que por cada variación de la tensión en 1 voltio la intensidad varía en 10 amperios

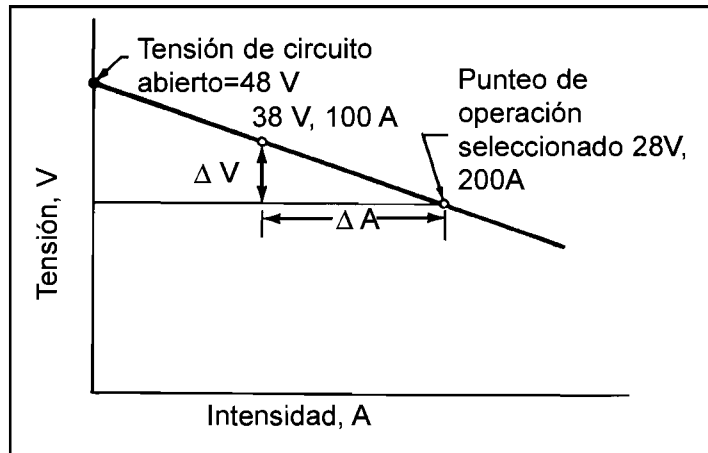


FIGURA 13.3: PENDIENTE O "SLOPE" DE LA CARACTERÍSTICA DE LA FUENTE DE SOLDEO

Para obtener una buena transferencia en "spray" es necesario que la pendiente de la curva sea la adecuada, que dependerá del material a soldar, por esta razón en algunas máquinas se puede ajustar la pendiente en función de la aplicación. En otras máquinas la pendiente es fija, estando programada para las aplicaciones más comunes.

Para variar las condiciones de soldeo se podrá seleccionar la tensión deseada actuando sobre el mando de la máquina. Al variar la posición del mando, se está seleccionando diferentes curvas como indica la figura 13.4.

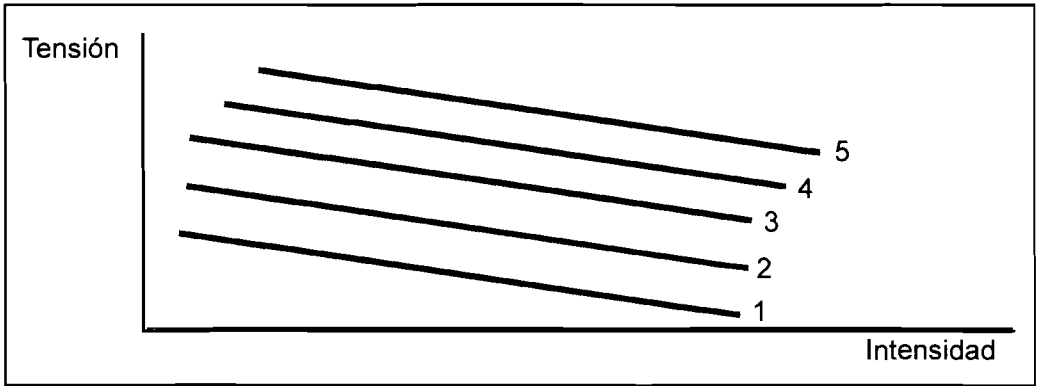


FIGURA 13.4: SELECCIÓN DE LAS CURVAS CARACTERÍSTICAS

Autorregulación del arco

Al tocar el alambre la pieza, la intensidad de cortocircuito que se origina es muy elevada, por lo cual el extremo del alambre se funde inmediatamente, estableciéndose un arco (cebado instantáneo) cuya longitud es función de la tensión elegida en la fuente de energía. Una vez cebado el arco entra en juego **el fenómeno de autorregulación**, suministrando la fuente la intensidad necesaria para fundir el alambre a medida que éste se suministra, manteniéndose la longitud de arco correspondiente a la regulación del voltaje elegida.

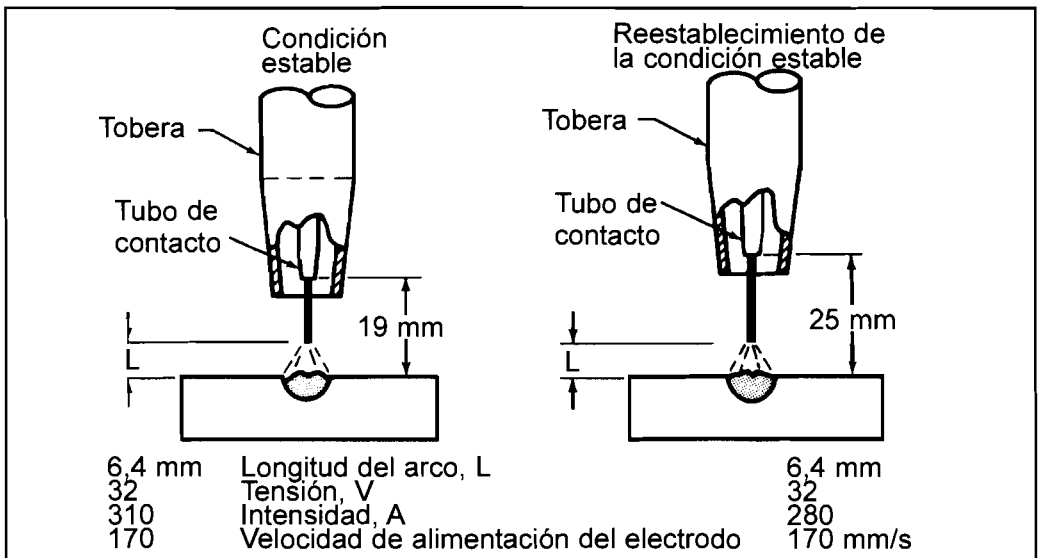


FIGURA 13.5: AUTORREGULACIÓN

Si por una causa cualquiera la distancia entre la extremidad del alambre y la pieza aumenta, la tensión y la longitud del arco aumentarán pero, al mismo tiempo, la intensidad disminuirá por lo que la fusión será más lenta hasta que se restablezca la longitud y voltaje inicial (figura 13.5). Lo contrario ocurre cuando la distancia entre el alambre y la pieza disminuye.

El fenómeno de autorregulación es importante para garantizar la estabilidad del arco, pero otras variables son también importantes.

Composición interna de la fuente de energía

En la figura 13.6 se ha representando de forma esquemática el interior de una máquina de soldeo MIG/MAG, compuesta por:

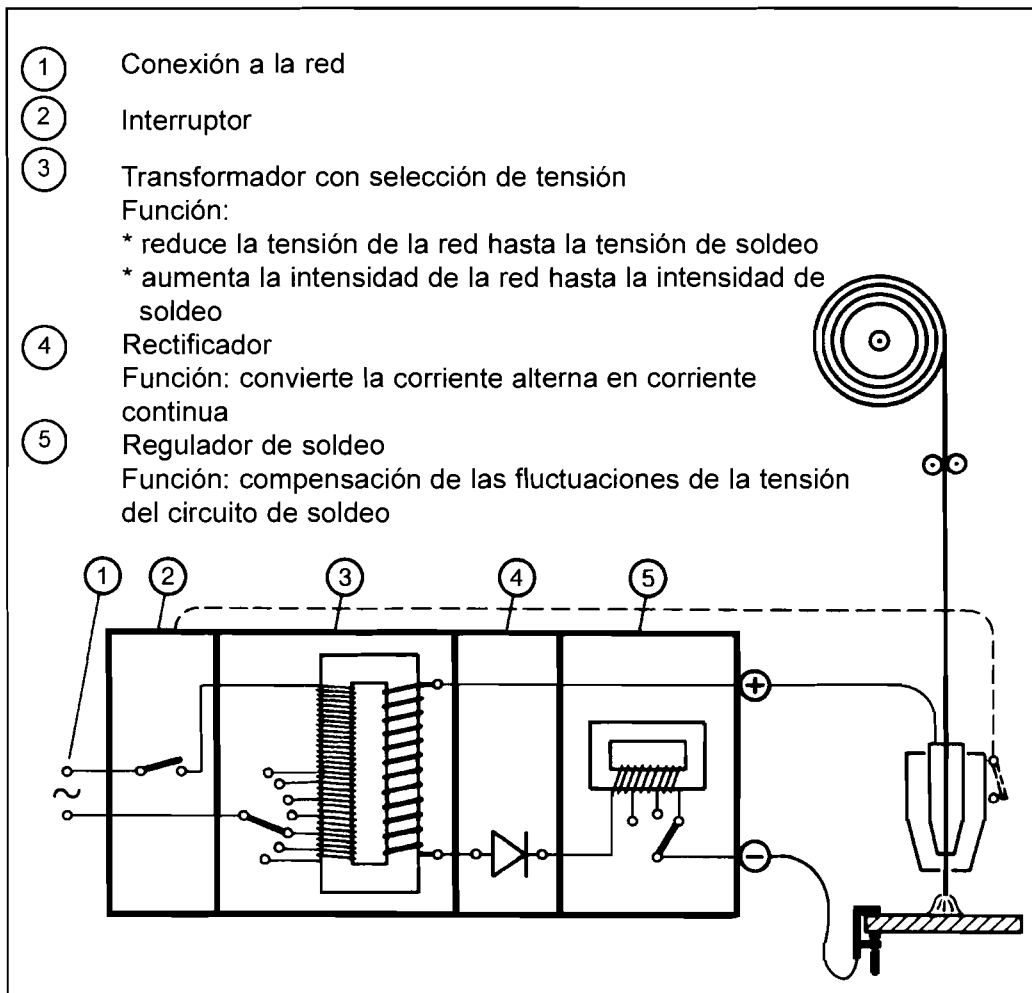


FIGURA 13.6: COMPONENTES DE LA FUENTE DE ENERGÍA

13.2.2. Sistema de alimentación de alambre

La unidad de alimentación de alambre/electrodo es el dispositivo que hace que el alambre pase por el tubo de contacto de la pistola para fundirse en el arco. (Ver figura 13.7).

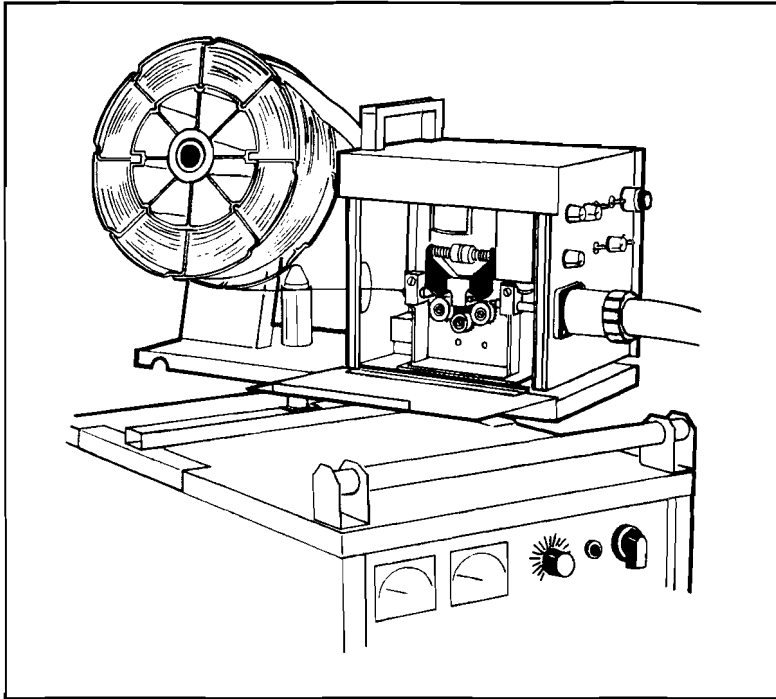


FIGURA 13.7: EJEMPLO DE MECANISMO ALIMENTADOR DEL ALAMBRE

En la figura 13.8 se representa una unidad de alimentación de alambre que consta de:

- ① Bobina de alambre, con el dispositivo para su colocación.
- ② Guía del alambre
- ③ Rodillo de arrastre
- ④ Rodillo de presión o empujador
- ⑤ Boquilla de salida del alambre

La unidad dispondrá de un sistema para variar la velocidad de avance del alambre, así como de una válvula magnética para el paso del gas.

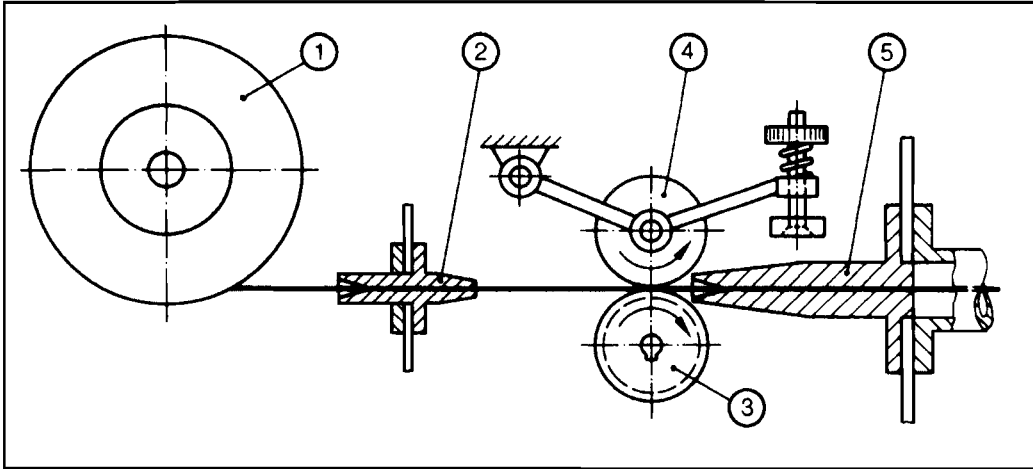


FIGURA 13.8: UNIDAD DE ALIMENTACIÓN DE ALAMBRE

El alimentador del alambre va unido al rectificador por un conjunto de cables y tubos.

Algunos alimentadores de alambre poseen sólo una pareja de rodillos (figura 13.8), mientras que otros poseen dos pares de rodillos que pueden tener el mismo motor o ser accionados por dos motores acoplados en serie.

En la figura 13.9 se representa un alimentador de alambre de cuatro rodillos. Sus elementos son:

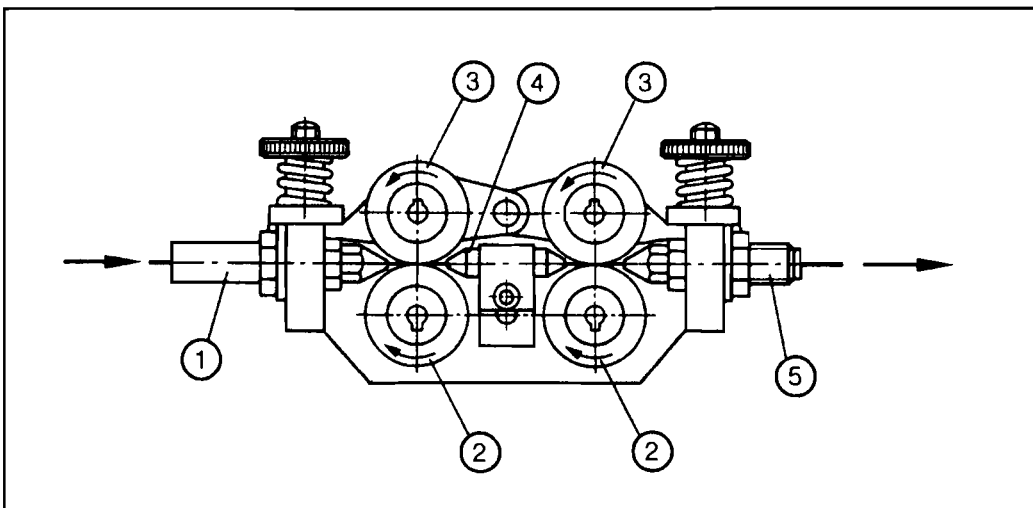


FIGURA 13.9: ALIMENTADOR DE ALAMBRE DE CUATRO RODILLOS

- ① Boquilla de alimentación del alambre
- ② Rodillos de arrastre
- ③ Rodillos de presión o empujadores
- ④ Guía del alambre
- ⑤ Boquilla de salida del alambre

Antes de disponer el alambre en la unidad de alimentación es necesario asegurarse de que todo el equipo es el apropiado para el diámetro del alambre seleccionado.

Para ajustar la presión de los rodillos se introduce el alambre hasta la tobera, se aumenta la presión hasta que los rodillos dejen de deslizarse y transporten el alambre.

La mayoría de los alimentadores son de **velocidad constante**, es decir, la velocidad es establecida antes de que comience el soldeo y permanece constante. La alimentación comienza o finaliza accionando un interruptor situado en la pistola. El arrastre del alambre ha de ser constante y sin deslizamientos en los rodillos de arrastre. Por lo general es necesario un sistema de frenado para la bobina de la cual se devana el alambre, para evitar su giro incontrolado. Los sistemas se diseñan de forma que la presión sobre el alambre pueda ser aumentada o disminuida según convenga.

Los sistemas de alimentación pueden ser de varios tipos:

- de empuje (push).
- de arrastre (pull).
- combinados de arrastre–empuje, o “push-pull”.

El tipo depende fundamentalmente del tamaño y composición del alambre utilizado y de la distancia entre el carrete de alambre y la pistola.

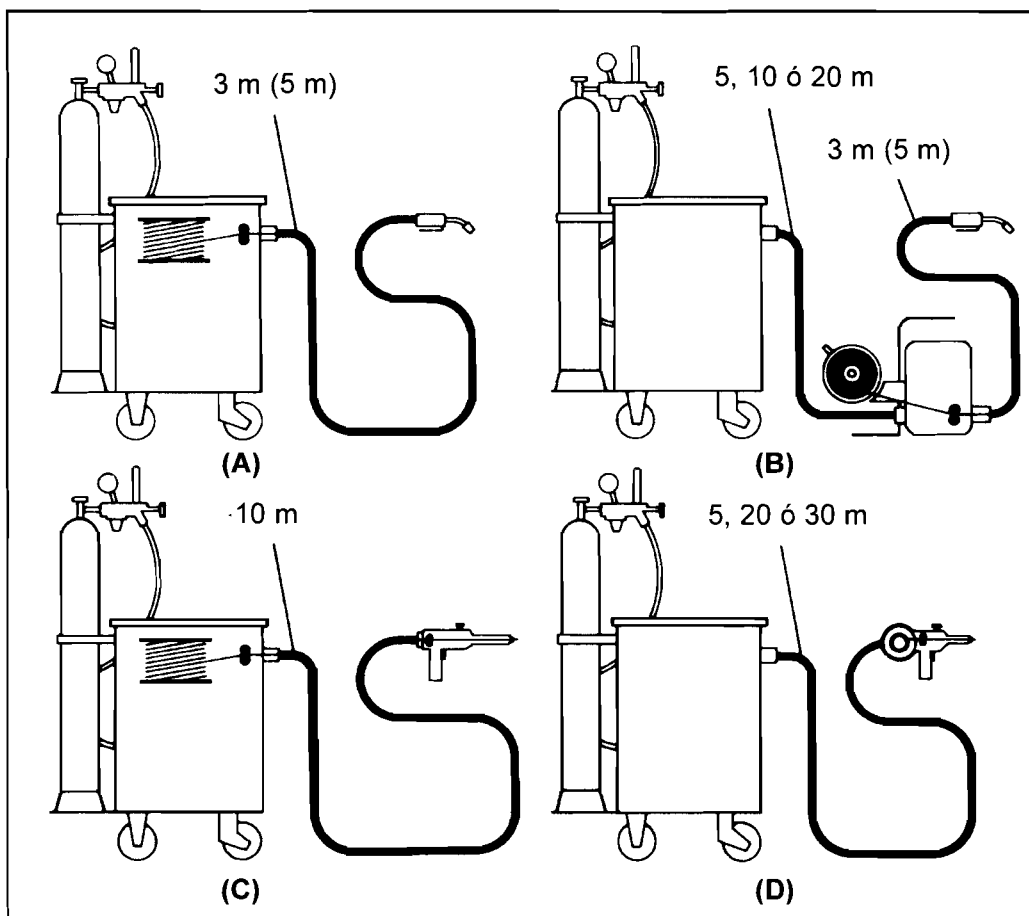
La mayoría de los sistemas son **de empuje** (Figura 13.10 A y B), en los que el alambre es alimentado desde un carrete por medio de unos rodillos y es empujado a través de un conducto flexible al cual está unida la pistola. La longitud del conducto es generalmente de hasta de 3 m, pudiendo ser en algunas ocasiones de hasta 5 m.

Cuando la distancia entre la fuente de energía y la pistola es muy grande puede ser difícil alimentar mediante el sistema de empuje, por lo que se recurre al sistema **de arrastre**. En este sistema **la pistola** está equipada con unos rodillos que tiran, o arrastran, el alambre a través de la funda (o tubo-guía), evitando los atascos que se pueden producir con el sistema de empuje, sin embargo este sistema es más costoso.

Si se combinan ambos sistemas se tiene un sistema de alimentación “**de arrastre y de empuje**”. Este sistema se conoce también con el nombre inglés de “**push-pull**” en el que existen unos rodillos empujando a la salida de la bobina y otros tirando desde la pistola. (Figura 13.10 C).

Conjunto fuente de energía-unidad de alimentación

La unidad de alimentación del alambre puede ser independiente (figura 13.10 B) o estar incluida en la carcasa de la fuente de energía (figura 13.10 A y C), denominadas normalmente máquinas compactas. Otra opción es emplear las pistolas con bobina incorporada [figura 13.10 (D)].



- (A): INCLUIDA EN LA CARCASA DE LA FUENTE DE ENERGÍA. MÁQUINA COMPACTA
- (B): INDEPENDIENTE
- (C): UNIDAD DE ARRASTRE-EMPUJE (PUSH-PULL)
- (D): CON BOBINA INCORPORADA EN LA PISTOLA

FIGURA 13.10: UNIDAD DE ALIMENTACIÓN DE ALAMBRE

En la figura 13.10 se ha representado un equipo de soldeo.

- A. Con la unidad de alimentación de alambre en la carcasa de la máquina. El alimentador de alambre es de empuje por lo que la separación máxima de la pistola está limitada a 3 m ó 5 m en casos extremos.
- B. Con unidad de alimentación de alambre independiente. El alimentador de alambre es también de empuje por lo que queda limitada la separación con la pistola a 3 m ó 5 m; sin embargo, la unidad de alimentación de alambre se podrá separar de la fuente de energía 5, 10 ó 20 m.
- C. Con alimentador de alambre de empuje en la carcasa de la máquina y de arrastre en la pistola. La separación entre el alimentador y la pistola podrá ser de hasta 10 m.
- D. Con bobina incorporada en la pistola. Se podrá realizar el soldeo a gran distancia respecto a la fuente de energía (10, 20 ó 30 m).

Rodillos

Los rodillos utilizados en MIG/MAG son normalmente como los de la figura 13.11, uno es plano y el otro es con bisel. El bisel es en forma de V para materiales duros como el acero al carbono o acero inoxidable, siendo en forma de U para materiales blandos como el aluminio. También pueden tener los dos bisel o ser moleteados, no recomendándose estos últimos para el aluminio. También es imprescindible seleccionar el rodillo de acuerdo con el diámetro del alambre.

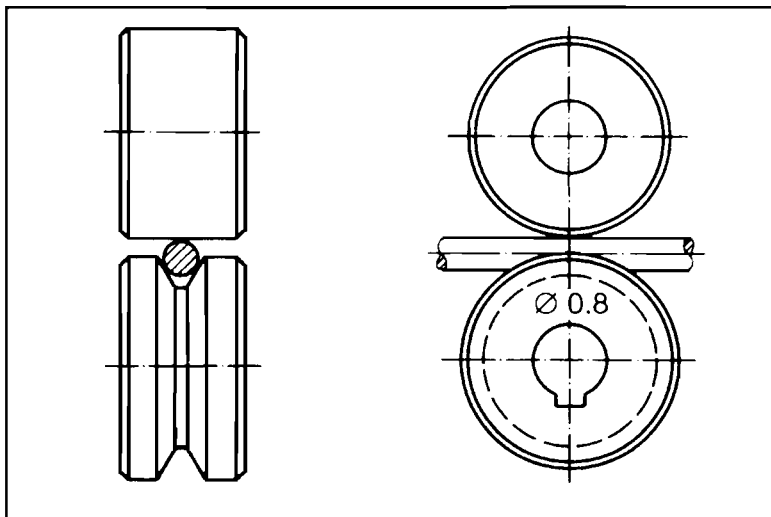


FIGURA 13.11: RODILLOS PARA EL SOLDEO MIG/MAG

13.2.3. Pistola

Las pistolas para el soldeo por arco con protección de gas son relativamente complejas. En primer lugar es necesario que el alambre se mueva a través de la pistola a una velocidad predeterminada y, en segundo lugar, la pistola debe estar diseñada para transmitir corriente al alambre y dirigir el gas de protección. El método de refrigeración (agua o aire) y la localización de los controles de alimentación del alambre y gases de protección, añaden complejidad al diseño de las pistolas.

Los principales componentes, que se pueden ver en la figura 13.12, son:

- **Tubo de contacto**, guía al electrodo a través de la tobera y hace el contacto eléctrico para suministrar corriente al alambre, está conectado a la fuente de energía a través de los cables eléctricos. La posición del tubo de contacto respecto al final de la tobera puede variar en función del modo de transferencia, con transferencia en cortocircuito se situará a unos 2 mm de ésta o incluso por fuera, mientras que en transferencia en “spray” se situará a unos 5 mm. (ver figura apartado 13.9). El tubo de contacto se reemplazará si el taladro se ha ensanchado por desgaste o si se ha atascado por proyecciones. Normalmente es de cobre o alguna aleación de cobre, el libro de instrucciones de la pistola indicará el tamaño y tipo adecuado en función del diámetro y material del electrodo a utilizar.
- **Tobera** (normalmente de cobre), que tiene un diámetro interior que oscila entre 9,5 y 22,25 mm (3/8 a 7/8 de pulgada) dependiendo del tamaño de la pistola.
- **Tubo-guía o funda del alambre/electrodo**; a través del cual el electrodo llega procedente, normalmente, de una bobina. Es muy importante el diámetro y material del tubo-guía del electrodo, se utilizarán de acero en forma de espiral en el caso de materiales como el acero o el cobre y serán de teflón o nylon para el magnesio o el aluminio, también para el acero inoxidable con el fin de no contaminar el electrodo.
- **Conducto de gas.**
- **Cables eléctricos.**
- **Interruptor.** La mayoría de las pistolas de manipulación manual tienen un gatillo que actúa como interruptor para comenzar o detener la alimentación del alambre.
- **Conductos para el agua de refrigeración.** (Sólo para las pistolas refrigeradas por agua). Estas pistolas pueden utilizarse con intensidades de hasta 600A.

La pistola puede ser de cuello curvado (cuello de cisne con un ángulo de 40° a 60°) o rectas; las de cuello de cisne suelen ser más flexibles y cómodas.

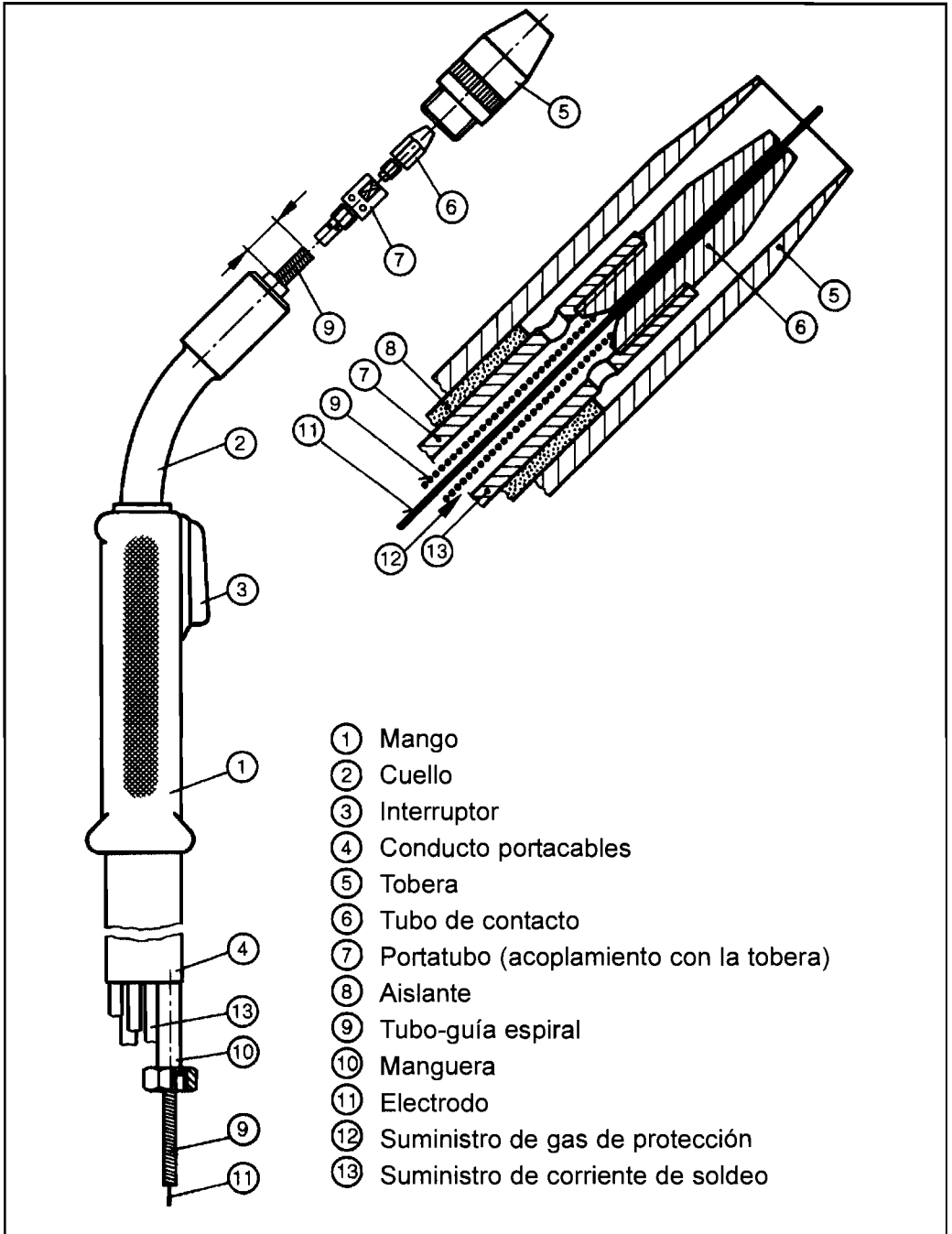


FIGURA 13.12: PISTOLA PARA SOLDEO MIG/MAG (ACERO AL CARBONO)

13.2.4. Alimentación de gas protector y de agua de refrigeración

Gas

La alimentación de gas se hace desde la botella de gas que tiene en su salida un caudalímetro para poder graduar el caudal de gas de protección necesario en cada caso particular. El suministro de gas se puede realizar también desde una batería de botellas o desde un depósito.

Agua

Cuando se suelda con intensidades elevadas es preciso utilizar pistolas refrigeradas por agua, ya que la refrigeración de la pistola por el propio gas de protección sería insuficiente, para evitar que se produzcan daños o la inutilización de la pistola.

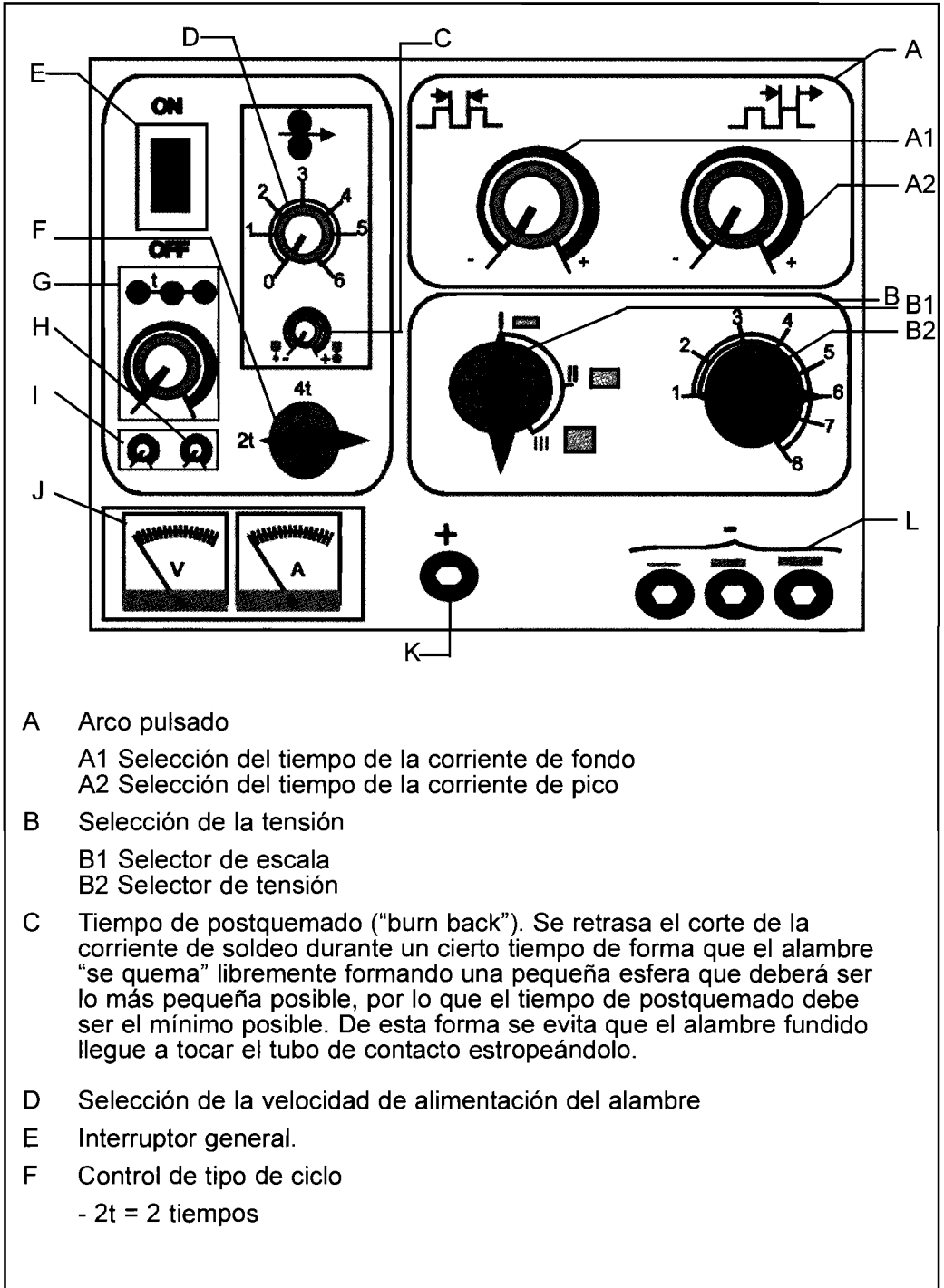
La alimentación de agua para tal refrigeración puede hacerse desde un simple grifo dispuesto cerca de la máquina de soldeo, o con un sistema de circuito cerrado.

Sea cual sea el sistema, es necesario un conducto de alimentación de agua que refrigere la pistola y otro de retorno, según el sistema adoptado. Como ocurría con el gas, existe una electroválvula para que el agua circule solamente en los momentos en que se está soldando. Los conductos de agua también son flexibles y como los de gas forman parte del conjunto de la pistola.

13.2.5. Panel de control

En la figura 13.13 se representa el panel de control de una máquina MIG/MAG compacta.

Las máquinas **sinérgicas** poseen un control interno que armoniza automáticamente todos los parámetros. El mando de control facilita al soldador el empleo de los programas, de forma que prefijando el tipo de alambre y el gas de protección selecciona automáticamente la intensidad y velocidad de alimentación del alambre correctas.



- A Arco pulsado
 - A1 Selección del tiempo de la corriente de fondo
 - A2 Selección del tiempo de la corriente de pico
- B Selección de la tensión
 - B1 Selector de escala
 - B2 Selector de tensión
- C Tiempo de postquemado ("burn back"). Se retrasa el corte de la corriente de soldeo durante un cierto tiempo de forma que el alambre "se quema" libremente formando una pequeña esfera que deberá ser lo más pequeña posible, por lo que el tiempo de postquemado debe ser el mínimo posible. De esta forma se evita que el alambre fundido llegue a tocar el tubo de contacto estropeándolo.
- D Selección de la velocidad de alimentación del alambre
- E Interruptor general.
- F Control de tipo de ciclo
 - 2t = 2 tiempos

FIGURA 13.13: PANEL DE CONTROL DE UNA MÁQUINA COMPACTA

- *Tiempo 1: Apretar interruptor de la pistola y mantener. Se pone en funcionamiento: gas de protección + alimentador del alambre + corriente.
- * Tiempo 2: Soltar el interruptor de la pistola. Deja de estar en funcionamiento: gas de protección + alimentación del alambre + corriente.

Se puede utilizar en el soldeo de estructuras pero no se recomienda cuando el nivel de calidad requerido sea elevado.

- 4t = 4 tiempos

- * Tiempo 1: Apretar interruptor de la pistola. Se pone en funcionamiento el gas de protección.
- * Tiempo 2: Soltar el interruptor de la pistola. Continúa saliendo el gas de protección y se pone en funcionamiento la alimentación del alambre y la corriente.
- * Tiempo 3: Apretar interruptor de la pistola. Deja de estar en funcionamiento la corriente y la alimentación del alambre.
- *Tiempo 4: Soltar el interruptor de la pistola. Deja de salir el gas de protección.

Alto nivel de calidad gracias a la existencia de gas de protección previo y posterior al soldeo. El gas de protección previo al soldeo desplaza el aire que rodea a la zona a soldar y mejora la protección posterior, el gas de protección posterior protege el metal de soldadura mientras se enfría.

- G Soldeo por puntos
- H Movimiento lento del alambre. El alambre se alimenta a baja velocidad hasta que se establece el arco.
- I Llenado de cráter. Se reduce la tensión y la intensidad de soldeo al final de la soldadura.
- J Amperímetro y voltímetro.
- K Polo positivo (+) de la máquina, se conecta a la pistola.
- L El polo negativo (-) puede tener varias tomas para introducir diferentes inductancias al circuito. La inductancia puede también estar regulada de forma continua con un potenciómetro. El cable de la pieza se suele conectar al negativo (-). La introducción de una cierta inductancia consigue un funcionamiento del arco de forma más suave y con menos proyecciones. La selección depende del diámetro del electrodo, normalmente a mayor diámetro mayor inductancia. La selección de la inductancia es útil sobre todo en transferencia cortocircuito.

FIGURA 13.13 (CONTINUACIÓN): PANEL DE CONTROL DE UNA MÁQUINA COMPACTA

13.3. Modos de Transferencia

La transferencia de metal en el arco puede realizarse básicamente de cuatro formas: (Ver figura 13.14).

- En cortocircuitos: el metal se transfiere del electrodo a la pieza cuando el electrodo contacta con el metal fundido depositado por soldadura
- Transferencia globular: En forma de grandes gotas de tamaño mayor que el alambre/electrodo que caen al baño de fusión por su propio peso.
- Transferencia en spray: Se desprenden pequeñas gotas del alambre y se desplazan a través del arco hasta llegar a la pieza.
- Transferencia por arco pulsado: es un modo de transferencia tipo spray que se produce en impulsos regularmente espaciados, en lugar de suceder al azar como ocurre en el arco-spray

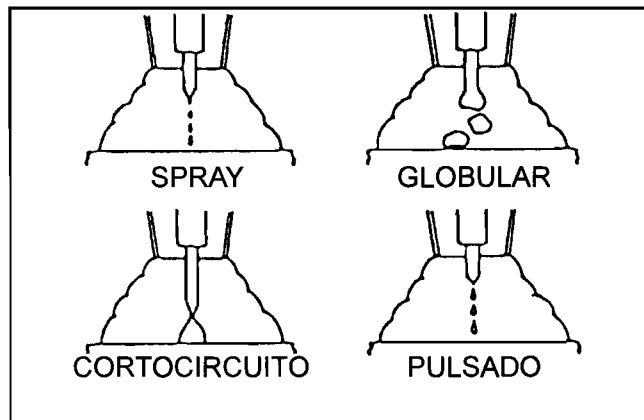


FIGURA 13.14: MODOS DE TRANSFERENCIA

El tipo de transferencia depende del gas de protección y de la intensidad y tensión de soldeo.

La **transferencia por cortocircuito** se produce por contacto del alambre con el metal depositado (Figura 13.15). Se obtiene este tipo de transferencia cuando la intensidad y la tensión de soldeo son bajas. Se utiliza este tipo de transferencia para el soldeo en posición vertical, bajo techo, H-L045 y para el soldeo de espesores delgados o cuando la separación en la raíz es excesiva. Parámetros típicos: Voltaje 16 a 22 V; Intensidad 50 a 150 A. Se reconoce porque el arco es corto, suele haber proyecciones y hay un zumbido característico.

Se obtiene este tipo de transferencia más fácilmente con dióxido de carbono.

La **transferencia globular** se caracteriza por la formación de una gota relativamente grande de metal fundido en el extremo del alambre (Figura 13.16). La gota se va formando hasta que cae al baño fundido por su propio peso. Este tipo de transferencia no suele tener aplicaciones tecnológicas por la dificultad de

controlar adecuadamente el metal de aportación y porque suele provocar faltas de penetración y sobreespesores elevados. Parámetros típicos: Voltaje de 20 a 35 V; intensidad 70 a 255 A.

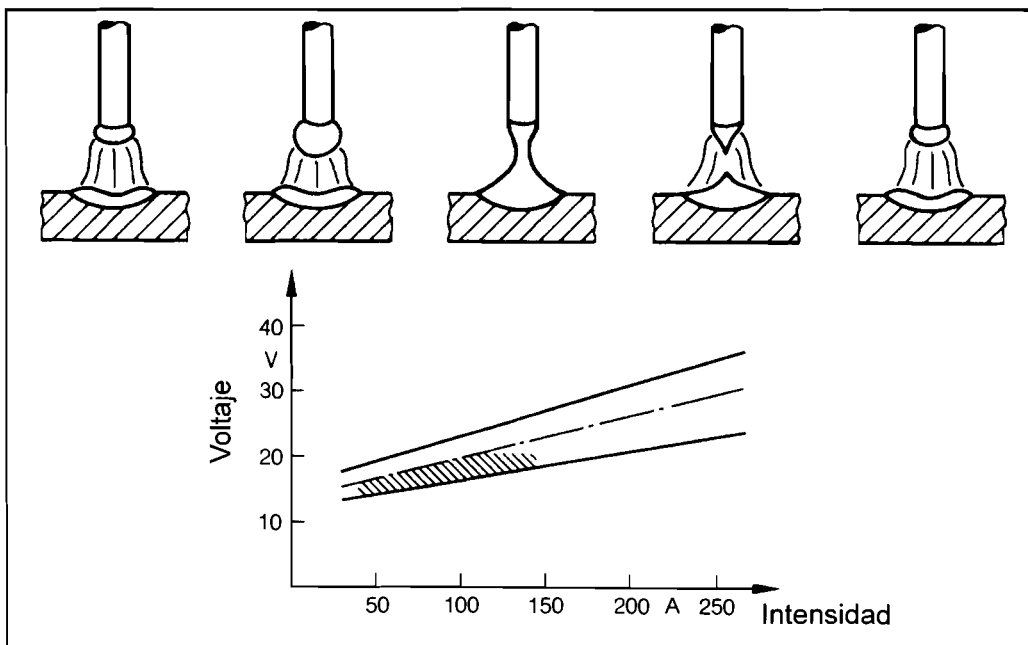


FIGURA 13.15: CICLO DE TRANSFERENCIA POR CORTOCIRCUITO

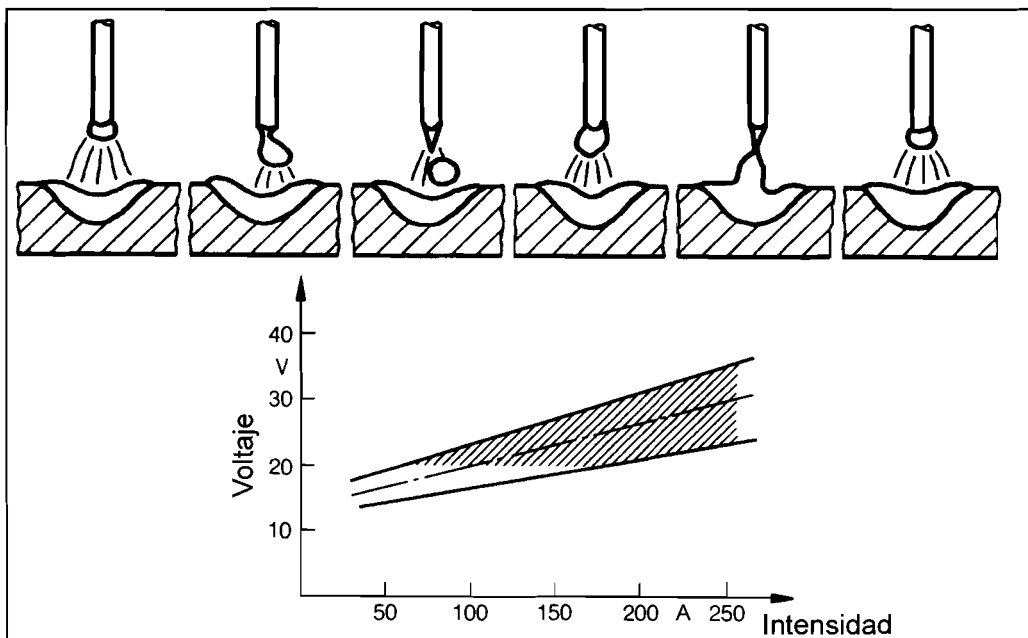


FIGURA 13.16: TRANSFERENCIA GLOBULAR

En la **transferencia por arco-spray** las gotas son iguales o menores que el diámetro de alambre y su transferencia se realiza desde el extremo del alambre al baño fundido en forma de una corriente axial de gotas finas (corriente centrada con respecto al alambre). Se obtiene este tipo de transferencia con altas intensidades y altos voltajes. Intensidades 150 a 500A y voltajes de 24 a 40 V. Los gases inertes favorecen este tipo de transferencia. (Ver figura 13.17)

La transferencia en spray se puede aplicar para cualquier material base pero no se puede utilizar en espesores muy finos porque la corriente de soldeo es muy alta. Se consiguen grandes tasas de deposición y rentabilidad.

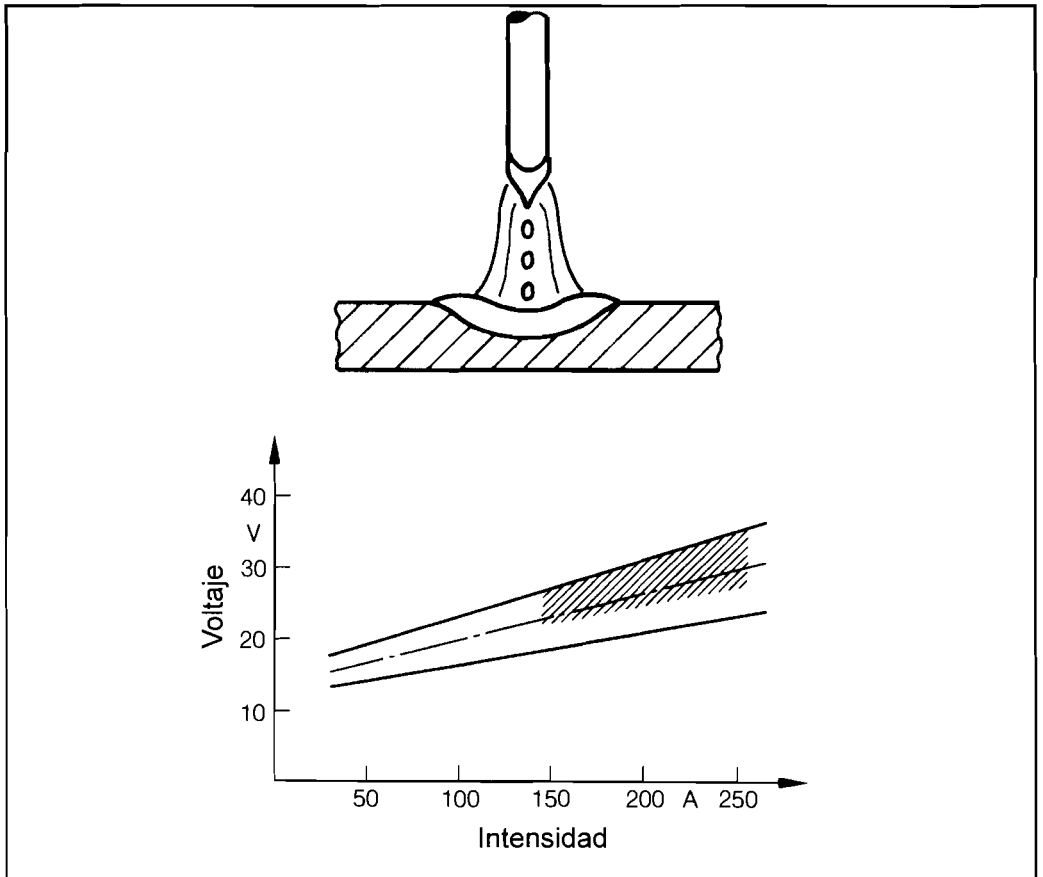


FIGURA 13.17: TRANSFERENCIA POR ARCO SPRAY

La **transferencia por arco pulsado** es una modalidad del tipo spray, que se produce por pulsos a intervalos regularmente espaciados, en lugar de suceder al azar como ocurre en el arco-spray. Este tipo de transferencia se obtiene cuando se utiliza una corriente pulsada, que es la composición de una corriente de baja intensidad, que existe en todo momento (es constante) y se denomina **corriente de**

fondo o de base, y un conjunto de pulsos de intensidad elevada denominada **corriente de pico**. (Ver figura 13.18). La intensidad de fondo sirve para precalentar y acondicionar el alambre que va avanzando continuamente. La gota saltará cuando se aplique una corriente de pico.

La ventaja fundamental de este método es la importante **reducción de calor aplicado** que se produce con respecto al método arco-spray, lo cual se traduce en la posibilidad de soldar en spray secciones menores, obtener menores deformaciones y soldar en todas la posiciones, además se pueden utilizar diámetros de alambre mayores y se reducen las proyecciones.

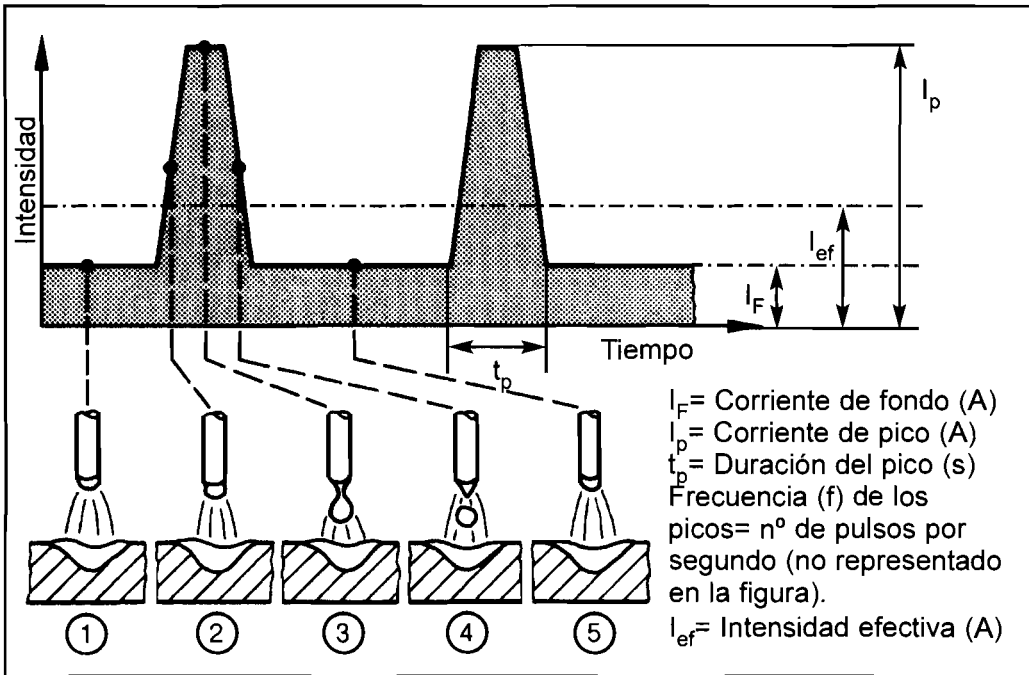


FIGURA 13.18: FORMA DE LA CORRIENTE DE SOLDEO EN LA TRANSFERENCIA POR ARCO PULSADO

Las mayores desventajas de las fuentes de energía de corriente pulsada son: el coste elevado del equipo, dificultad de establecer los parámetros adecuados de soldeo debido al gran número de datos que hay que introducir y que sólo se puede utilizar mezclas con bajo contenido en CO_2 (18% máximo).

En algunas fuentes de energía la corriente de fondo, la de pico y la duración del pulso están permanentemente establecidas, sólo se puede cambiar la frecuencia de los pulsos. De forma que a mayor frecuencia (mayor n° de pulsos por segundo) mayor es la intensidad efectiva y la tasa de deposición.

Actualmente las fuentes de soldeo para corriente pulsada son de tipo sinérgico, lo que significa que el soldador solo tiene que ajustar la velocidad de avance del alambre y los datos sobre el material de aportación, el gas de protección y el diámetro del electrodo. A partir de estos datos la fuente de corriente ajusta automáticamente los parámetros de soldeo idóneos.

13.4. Materiales de Aportación

Los electrodos/alambres empleados son de **pequeños diámetros** (0,6; 0,8; 0,9; 1,1; 1,6; 2,0; 3,0 y 3,2 mm) y se suministran en **bobinas** para colocar directamente en los sistemas de alimentación. Para conseguir una alimentación suave y uniforme el alambre debe estar bobinado en capas perfectamente planas y es necesario que no esté tirante durante su suministro, sino que exista una cierta holgura entre la bobina y la vuelta que se está desenroscando. Al ser los alambres de pequeño diámetro y la intensidad de soldeo bastante elevada, la velocidad de alimentación del electrodo suele ser elevada, 40-340 mm/s (2,4 - 20,4 m/min) para la mayoría de los metales y de hasta 600 mm/s (236 m/min) para las aleaciones de magnesio.

Dados sus pequeños diámetros la relación **superficie/volumen** es muy alta, por lo que pequeñas partículas de polvo, suciedad, grasa, etc. pueden suponer una importante cantidad en relación con el volumen aportado, de aquí que sea de gran importancia la **limpieza**.

Los alambres de **acero** reciben a menudo un ligero **recubrimiento de cobre** que **mejora** el contacto eléctrico, la resistencia a la corrosión y disminuye el rozamiento con los distintos elementos del sistema de alimentación y la pistola.

El material de aportación es, en general, similar en composición química a la del metal base, variándose ligeramente para compensar las pérdidas producidas de los diferentes elementos durante el soldeo, o mejorar alguna característica del metal de aportación. En otras ocasiones se requieren cambios apreciables o incluso la utilización de alambres de composición completamente diferente.

Cuando se varía el diámetro del alambre utilizado se debe cambiar el tubo-guía, el tubo de contacto y ajustar los rodillos, o cambiarlos en caso de que no fueran adecuados para ese diámetro del alambre.

13.5. Gases de Protección

El objetivo fundamental del gas de protección es la de proteger al metal fundido de la contaminación por la atmósfera circundante. Muchos otros factores afectan a la elección del gas de protección. Algunos de estos son: material a soldar, modo de

transferencia de metal de aportación deseado, penetración y forma del cordón, velocidad de soldeo y precio del gas.

Los gases utilizados en el soldeo MIG/MAG son:

- CO_2
- Argón, helio o argón + helio
- Argón + CO_2 o helio + CO_2
- Argón + oxígeno (1-10% de oxígeno, siendo muy utilizada la mezcla con 5% de oxígeno)
- Argón + oxígeno + CO_2
- Argón + helio + CO_2
- Argón + helio + CO_2 + oxígeno

El soldeo se denominará MAG cuando se utilicen gases activos y MIG cuando se utilicen los inertes.

En el capítulo 11 se han indicado las características de los gases de protección y el efecto de la adición de determinados gases.

En general, se utilizan los gases inertes para el soldeo de los materiales no féreos y aceros inoxidables, utilizándose el CO_2 puro solamente con los aceros al carbono; las mezclas de argón + CO_2 y argón + oxígeno se aplican también al soldeo de aceros y en muchos casos para aceros inoxidables.

Cuando sólo se utiliza CO_2 no se puede obtener una transferencia en spray.

Una de las mezclas más utilizadas en el soldeo MAG es argón + 8-10% de CO_2 , utilizándose generalmente con transferencia spray. Las mezclas argón + CO_2 , con un porcentaje de este último mayor o igual al 25%, se utilizan para transferencia en cortocircuito en el soldeo de aceros al carbono y de baja aleación. Con arco pulsado se utilizan mezclas de argón y dióxido de carbono (generalmente con un 5% de CO_2), o mezclas de argón, helio y CO_2 .

Con un caudal de gas muy bajo la cantidad de gas de protección es insuficiente. Con un caudal de gas muy alto puede haber turbulencias y formación de remolinos en el gas. El caudal de gas dependerá en gran medida del tipo de material base. Para obtener una buena protección el ángulo de trabajo no debe ser mayor de 10 a 20 °. El tubo de contacto debe estar centrado en la boquilla y las proyecciones depositadas en la tobera de gas y en la boquilla de contacto deben retirarse regularmente.

13.6. Parámetros de Soldeo

Los parámetros fundamentales que entran a formar parte de las características del soldeo, y por tanto de la calidad de la soldadura, son:

- Tensión.
- Velocidad de alimentación del alambre.
- Longitud visible del alambre o “extensión”.
- Velocidad de desplazamiento.
- Polaridad.
- Ángulo de inclinación de la pistola.
- Gas de protección.

El conocimiento y control de estos parámetros es esencial para obtener soldaduras de calidad. Estas variables no son independientes ya que el cambio de una de ellas produce o implica el cambio de alguna de las otras.

13.6.1. Relación entre los parámetros

La tensión se mide en voltios y es regulable en la fuente de energía, o bien a distancia desde la unidad alimentadora de alambre. Se transmite de forma regular desde la fuente al alambre, sin embargo se distribuye entre la prolongación del alambre y el arco de un modo desigual. Aproximadamente el 90% de la energía se concentra en el arco y el 10% restante en el alambre (ver figura 13.19). Por tanto ***cuanto mayor sea la longitud del arco mayor será la tensión.***

La intensidad, sin embargo, está muy relacionada con la velocidad de alimentación del alambre; de forma que ***cuanto mayor es la velocidad de alimentación mayor es la intensidad.*** La tasa de deposición también está muy relacionada con la intensidad, cuanto mayor es la intensidad más rápidamente se producirá la fusión y, por tanto, la deposición. Se pueden establecer las siguientes equivalencias:

	Equivalente a:
Intensidad	Velocidad de alimentación del alambre Velocidad de fusión
Tensión	Longitud del arco

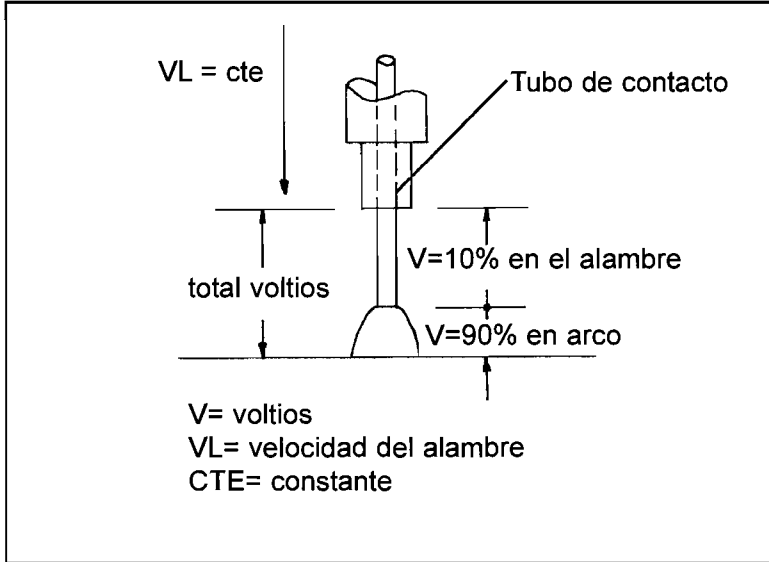


FIGURA 13.19: DISTRIBUCIÓN DE LA TENSIÓN EN EL ARCO ELÉCTRICO. RELACIÓN ENTRE LA LONGITUD DEL ARCO Y LA TENSIÓN

13.6.2. Extremo libre del alambre/electrodo

El extremo libre del alambre es la distancia desde el tubo de contacto hasta el extremo del alambre y está relacionada con la distancia entre el tubo de contacto y la pieza a soldar. Esta variable tiene suma importancia para el soldeo y en especial para la protección del baño de fusión.

Cuando aumenta el extremo libre del alambre la penetración se hace más débil y aumenta la cantidad de proyecciones, éstas pueden interferir con la salida del gas de protección y una protección insuficiente puede provocar porosidad y contaminación excesiva.

